REPORTE SEMESTRAL DE GEOTECNIA – ESIA CAT III

Mayo – Octubre de 2023

Departamento de Geotécnica de Mina
Servicios Técnicos de Mina

Cobre Panamá

FIRST QUANTUM MINERALS LTD.

TABLA DE CONTENIDO

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE 2

PROGRAMA DE PERFORACIÓN GEOTÉCNICA 2023 – PARED NORTE DEL PIT 2

PRUEBAS GEOTÉCNICAS – RESISTENCIA DE ROCA 4

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PARED SUROESTE DEL TAJO BOTIJA 5

Introducción 5

Modelo estructural y parámetros de entrada para el análisis 5

Modelo de calibración 6

Resultados 7

Conclusiones y Recomendaciones 8

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Durante el semestre, se realizaron 872 inspecciones de botaderos, 579 de la zona de las trituradoras y 50 inspecciones geotécnicas. Las inspecciones de botaderos realizadas en los botaderos de MSA y West Toe Road, han identificado asentamientos y grietas en las plataformas, solicitandose trabajos de remediacion y procedimientos de trabajo seguro en estas areas.

El departamento de control de suelo ha implementado limites de avances diarios durante el desarrollo de los botaderos, con el objetivo de conservar la integridad de las plataformas de botaderos y prevenir incidentes durante la construccion de estas. La siguiente imagen muestra la tasa de avance diario en zonas de botaderos.

WASTE DUMP	MATERIAL TYPE	DUMP HEIGHT	ADVANCE RATE (24 Hours)		
WASTE DUMP ADVANCE RATE	SAPROLITE	10m	**0-6m**	**6-10m**	**>10m**
			SAFE	BE ALERT	NO DUMP
	FRESH ROCK	15m	**0-10m**	**10-14m**	**>14m**
			SAFE	BE ALERT	NO DUMP
	FRESH ROCK - SAPROLITE MIX	15m	**0-8m**	**8-12m**	**>12m**
			SAFE	BE ALERT	NO DUMP
	FRESH ROCK	20m	**0-10m**	**10-12m**	**>12m**
			SAFE	BE ALERT	NO DUMP

Figura 1. Tasa de avance lineal en botaderos.

PROGRAMA DE PERFORACIÓN GEOTÉCNICA 2023 – PARED NORTE DEL PIT

Se ha planificado una campaña de perforación geotécnica para recolectar propiedades del macizo rocoso en la zona norte y oeste del tajo Botija, donde la información geotécnica actual es limitada. El objetivo del programa es optimizar el diseño del tajo, identificando límites geológicos débiles con orientación desfavorable con respecto a las paredes finales.

El programa consta de ocho pozos de perforación diamantina orientada, que suman un total de 3.100 m. Se registrarán las propiedades y estructuras geotécnicas de los núcleos y se recolectarán muestras para pruebas de laboratorio una vez que finalice el programa. Paralelamente a la campaña de perforación, se llevará a cabo un estudio geofísico con la herramienta ATV/OTV después de terminar cada pozo. Los estudios con ATV/OTV se realizan de forma rutinaria junto con los programas de perforación para corroborar la orientación de la estructura y otras propiedades de la roca con las recopiladas durante la perforacion. Esta metodología permitirá un mayor grado de confianza en la información obtenida de la campaña de perforación.

El 3 de septiembre se empezo la campaña con el sondeo BT23008-GT, hasta el mes de octubre se han completado los pozos BT23008-GT, BT23007-GT, BT23001-GT y BT23002-GT; con un avance de 1500 metros.

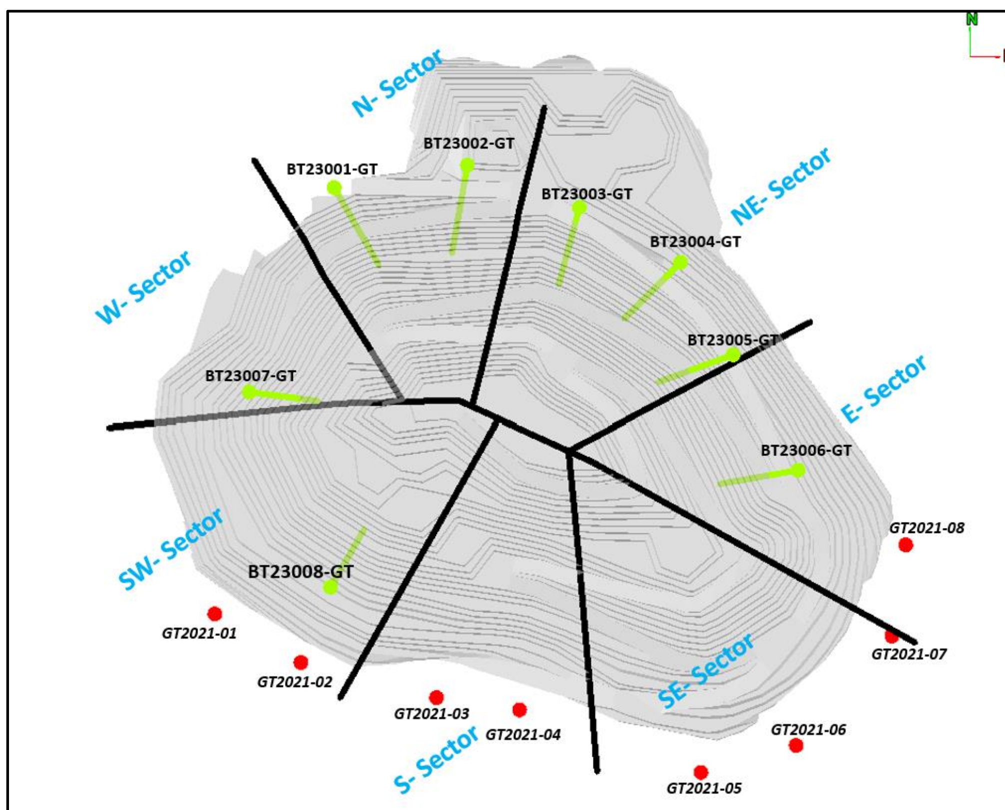


Figura 2. Vista de planta de la proyección de los pozos geotécnicos en la pared sur, oeste y zona norte del pit.

Nombre de Pozo	Este	Norte	Elevacion	Azimuth	Dip	Profundidad Planificada	Comentarios
BT23001-GT	538028.9348	977977.6	90.60	150	50	400	Zonas debiles y fallas desfavorables
BT23002-GT	538412.0643	978042	106.53	190	50	400	Zonas debiles y fallas desfavorables
BT23003-GT	538733.6759	977920.3	106.10	195	55	400	Zonas debiles y fallas desfavorables
BT23004-GT	539024.3885	977762.8	106.97	225	55	400	Zonas debiles y fallas desfavorables
BT23005-GT	539175.6950	977496.9	97.45	250	55	400	Zonas debiles y fallas desfavorables
BT23006-GT	539362.3131	977168.4	62.26	260	55	400	Zonas debiles y fallas desfavorables
BT23007-GT	537784.9700	977389.5	106.42	98	60	400	Zonas debiles y fallas desfavorables
BT23008-GT	538018.9900	976831.7	0.410	30	50	300	Intersectar falla Botija
Metros totales						3100	

Figura 3. Lista de pozos con sus orientaciones respectivas.



Figura 4. Avance de la campaña de perforación geotécnica.

PRUEBAS GEOTÉCNICAS – RESISTENCIA DE ROCA

Se ha avanzado en la realización de ensayos de resistencia puntual de carga (PLT), en núcleos de perforación de la campaña de exploración CDP y VGR, realizadas en Colina, campaña de perforación NCCP00 ubicada en el norte del tajo y en nucleos de perforación de la actual campaña de perforacion geotecnica en el tajo Botija, completandose en el sondeo BT23008-GT.

Desde mayo a junio se han realizado 912 ensayos provenientes de los pozos CDP014, CDP018, CDP019, CDP020, CDP022, CDP024, RES013, RES013B, RES043 y NCCP006.; en agosto se realizaron 114 ensayos provenientes del pozo RES014 y durante octubre se realizaron 69 ensayos provenientes del pozo BT23008-GT.

Para la campaña de perforación GT2021, realizada en el 2022, se han seleccionado muestras para ensayos de laboratorio, para conocer sus propiedades mecánicas y de esa forma optimar los valores de propiedades presentes en el actual modelo geotécnico del tajo.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PARED SUROESTE DEL TAJO BOTIJA

Introducción

Para evaluar la estabilidad de la pared suroeste del tajo Botija, se crearon varios modelos de estabilidad Slide 2-D. Estos modelos abarcaron diferentes escenarios, como reducir el insitu "Buttress" en 45 metros en el nivel 0RL y ajustar el ángulo de la pila debajo de él hasta lograr una estabilidad satisfactoria. Los modelos se calibraron utilizando datos del macizo rocoso recopilados en una reciente campaña de perforación geotécnica. Además, se utilizó un enfoque de modelo de bloques alternativo para verificar los resultados. Los resultados generados por múltiples modelos indicaron que era necesaria una IRA de aproximadamente 34 grados para garantizar una estabilidad suficiente. Los principales factores que afectaron la estabilidad fueron defectos estructurales como contacto de falla con material de corte débil y uniones orientadas favorablemente con baja resistencia al corte, según lo respaldan los datos de pruebas de laboratorio.

Ampliar el conjunto de datos de laboratorio es crucial para mejorar la confiabilidad de los resultados del modelo. El conjunto de datos de resistencia actual no puede representar con precisión la masa rocosa en el tajo. La redefinición de los límites y las intensidades de la alteración, junto con un modelo de bloques apropiado, proporcionará apoyo adicional a este análisis.

Modelo estructural y parámetros de entrada para el análisis

La sección modelada comprende roca tipo granodiorita; El modelo RQD se utiliza para definir las unidades de roca asignando los valores GSI correspondientes; Se ha seleccionado un Ru para representar la presión de poro en la zona de falla; se ha incorporado anisotropía en la unidad del macizo rocoso para representar el conjunto de juntas más prominentes que probablemente causen inestabilidades; se han tomado en cuenta todas las fallas principales recopiladas en estudios geológicos estructurales recientes.

Se producen diferentes modelos basándose en una reducción de 45 m en el "Buttress" y aplanando la pila IRA en 2° hasta lograr una estabilidad aceptable. La siguiente imagen muestra los diferentes valores de resistencia de los datos de pruebas de laboratorio existentes y de la calibración del modelo FLAC 3D.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	GSI	mi	D	Water Surface	Ru	Generalized Anisotropic
Saprolite		17	Mohr-Coulomb	6.5	34					None	0	
RQD 20-40 D=0		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	34	29	0	None	0	
RQD 20-40 D=0.25		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	34	29	0.25	None	0	
RQD 20-40 D=0.5		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	34	29	0.5	None	0	
RQD 20-40 D=0.8		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	34	29	0.8	None	0	
RQD 40-60 D=0.5		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	48	29	0.5	None	0	
RQD 40-60 D=0.8		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	48	29	0.8	None	0	
RQD 40-60 D=0.25		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	48	29	0.25	None	0	
RQD 40-60 D=0		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	48	29	0	None	0	
RQD 60-80 D=0.5		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	69	29	0.5	None	0	
RQD 60-80 D=0.25		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	69	29	0.25	None	0	
RQD 60-80 D=0		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	69	29	0	None	0	
RQD >80 D=0		26.7	Generalized Hoek-Brown			85000	78	29	0	None	0	
Structure		25	Mohr-Coulomb	50	30					None	0	
ANISO RQD 20-40 D=0		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 20-40 D=0
ANISO RQD 20-40 D=0.25		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 20-40 D=0.25
ANISO RQD 20-40 D=0.8		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 20-40 D=0.8
ANISO RQD 20-40 D=0.5		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 20-40 D=0.5
ANISO RQD 40-60 D=0.8		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 40-60 D=0.8
ANISO RQD 40-60 D=0.5		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 40-60 D=0.5
ANISO RQD 40-60 D=0.25		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 40-60 D=0.25
ANISO RQD 40-60 D=0		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD40-60 D=0
ANISO RQD 60-80 D=0.5		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 60-80 D=0.5
ANISO RQD 60-80 D=0.25		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 60-80 D=0.25
ANISO RQD 60-80 D=0		26.7	Generalized Anisotropic							None	0	ANISO RQD 60-80 D=0
Fault Contact		25	Mohr-Coulomb	50	25					None	0.18	

Figura 5: Tabla de parámetros de propiedades para el análisis.

Modelo de calibración

Se utilizó datos topográficos desde el 22 de marzo de 2022, para analizar la inestabilidad para la calibración de los parámetros de entrada, se observó un desplazamiento significativo después de la excavación de la pata en el 15RL en la zona de intersección de la falla. Este nivel se utiliza para restringir el modelo para la calibración.

Los parámetros de resistencia de la roca se utilizan del modelo calibrado de Piteau en FLAC3D, El movimiento a lo largo de la falla es sensible a la lluvia y para imitar esta condición, el valor de Ru se ha calibrado para lograr un Factor de seguridad igual a 1,0. En la siguiente imagen se observa el modelo calibrado usado para el análisis.

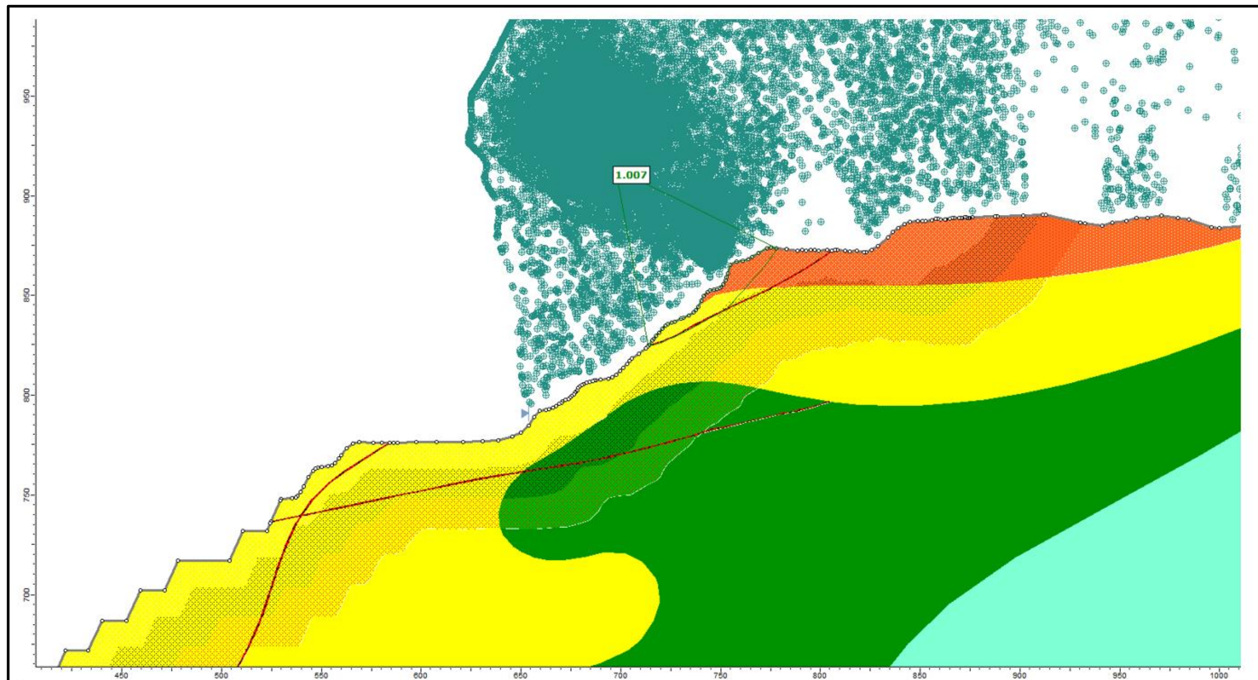


Figura 6: Modelo calibrado en Slide 2D.

Resultados

El programa Slide 2D han desarrollado 6 resultados que muestran los valores mínimos de FS y sus respectivas superficies de deslizamiento. Los resultados toman en cuenta una reducción a 45 metros del ancho del "Buttress" actual, en la mayor parte de los escenarios se han mostrado FoS dentro del rango permitido, solo existiendo 2 escenario con IRA de 36° y 34° donde los resultados de FoS fue de 1.15 para la sección 1 y 1.16 para la sección 2. Las siguientes imágenes se observan los resultados de los análisis.

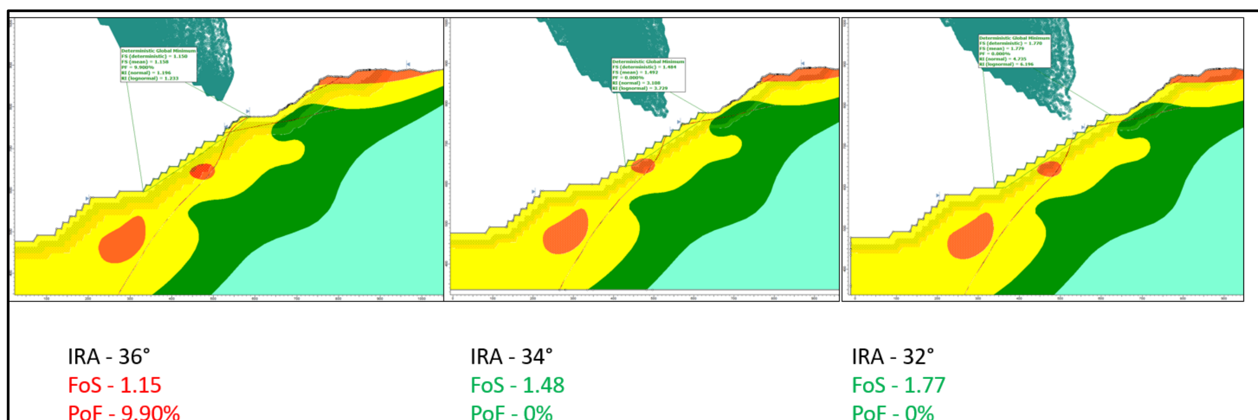


Figura 7: Resultados para la sección 1.

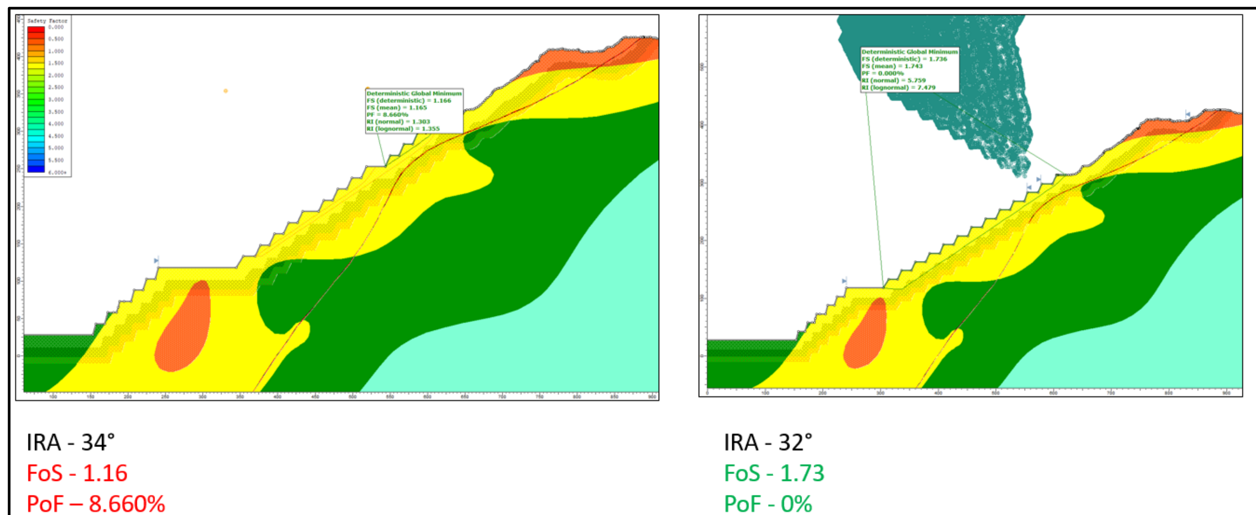


Figura 8: Resultados para la sección 2.

Conclusiones y Recomendaciones

- El aumento de zonas con débiles propiedades mecánicas hacia el suroeste del tajo, requiere una IRA más baja para lograr una estabilidad aceptable.
- Según las fotografías de núcleos de perforación, el macizo rocoso por debajo del nivel -50RL muestra una ligera mejora que potencialmente puede mejorar la caída del IRA una vez que se pueda confirmar de forma confiable.
- Agregar más drenajes horizontales puede reducir el valor de Ru y, en consecuencia, ayudar a aumentar la pendiente en los taludes.
- El modelo de bloques se puede utilizar para definir con mayor precisión las zonas débiles y mejorar el macizo rocoso general.
- La siguiente tabla proporciona una descripción general de los resultados obtenidos y los parámetros de diseño provisionales a utilizar.

Section	IRA	Janbu	Spencer	GLE	PoF (%)
2	34	1.151	1.17	1.166	8.66
2	32	1.54	2.009	1.736	0.00
1	36	1.136	1.173	1.15	9.90
1	34	1.325	1.671	1.484	0.00
1	32	1.572	2.025	1.77	0.00

Parameters	
IRA	32
BFA	65
STACK H (m)	90
GEOTECH BERM (m)	23
BERM WIDTH (m)	16.8

Tabla 1: Parámetros de diseño en base al análisis de estabilidad.